

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. Juni 2005 (09.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/052355 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02M 55/00**,  
47/02, 59/46, 63/02, 61/16

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/052775

(22) Internationales Anmeldedatum:  
3. November 2004 (03.11.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 55 411.4 27. November 2003 (27.11.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LANG, Richard**  
[DE/DE]; Hauptstr. 36, 92318 Pölling (DE). **PLANK,**  
**Gerald** [DE/DE]; Waldstrasse 21, 92269 Fensterbach  
(DE).

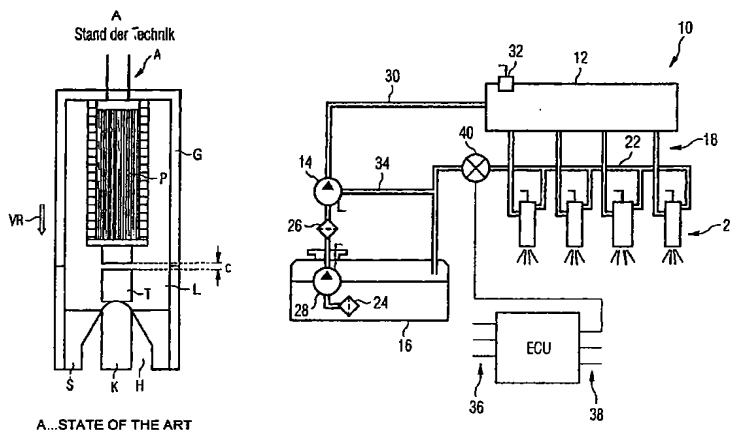
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-**  
**SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INJECTION UNIT AND INJECTION METHOD FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: EINSPRITZANLAGE UND EINSPRITZVERFAHREN FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to an injection unit (10), for an internal combustion engine, comprising a pressure reservoir (12), for storing fuel pumped from a fuel tank (16) and an injector arrangement (20), connected to the pressure reservoir, by means of a pressure line arrangement (18), whereby the injector arrangement (20) has at least one servo injection valve, provided with a control valve, for the release of fuel from a control chamber into a fuel return line (22), leading to the fuel tank (16) and which may be operated by means of a piezoelectric actuator to cause a displacement of a nozzle body in the direction of an injection passage opening, for initiating an injection process by pressure reduction in the control chamber. According to the invention, the fuel return line (22) is provided with a controllable valve (40), which restricts the fuel flow in the fuel return line in the actuated state. It is thus possible to reduce the effects of a change of length of the piezoelectric actuator, which exceeds the so-called tolerance gap in the servo injection valve, which are detrimental to the operation of the injection unit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Einspritzanlage (10) für eine Brennkraftmaschine, umfassend einen Druckspeicher (12) zum Speichern von aus einem Kraftstofftank (16) gefördertem Kraftstoff und eine über eine Druckleitungsanordnung (18) mit dem Druckspeicher verbundene Injektoranordnung (20), wobei die Injektoranordnung (20) wenigstens ein Servoeinspritzventil umfasst, welches mit einem Steuerventil zum Freisetzen von Kraftstoff

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/052355 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

aus einem Steuerraum in eine zum Kraftstofftank (16) führende Leckageleitung (22) versehen ist und welches mittels eines piezoelektrischen Aktors betätigbar ist, um zur Initiierung eines Einspritzvorganges durch Druckverringerung im Steuerraum eine Bewegung eines Düsenkörpers in Richtung einer Einspritzpassagenöffnung hervorzurufen. Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass die Leckageleitung (22) mit einem steuerbaren Ventil (40) versehen ist, welches in einem angesteuerten Zustand den Kraftstofffluss in der Leckageleitung hemmt. Damit ist es möglich, die für den Betrieb der Einspritzanlage abträglichen Auswirkungen einer Längenänderung des piezoelektrischen Aktors, die den so genannten Toleranzspalt im Servoeinspritzventil überschreitet, zu vermindern.

## Beschreibung

Einspritzanlage und Einspritzverfahren für eine Brennkraftmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einspritzanlage sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 7.

10

Eine derartige Einspritzanlage sowie ein derartiges Einspritzverfahren sind beispielsweise aus der DE 100 15 740 A1 bekannt. Bei dieser bekannten Technik umfasst eine Injektornordnung wenigstens ein Servoeinspritzventil, welches mittels  
15 eines piezoelektrischen Aktors betätigbar ist, um zur Initiierung eines Einspritzvorganges durch Druckverringerung in einem Steuerraum eine Bewegung eines Servoventil-Düsenkörpers (Düsenadel) in Richtung einer Öffnung einer Einspritzpassage hervorzurufen, die zwischen einem Düsenraum des Ser-  
20 voeinspritzventils und einer Brennkammer der betreffenden Brennkraftmaschine vorgesehen ist.

Ein wesentlicher Vorteil der Verwendung eines mittels eines piezoelektrischen Aktors betätigten Servoeinspritzventils ist  
25 es, dass mit einem vergleichsweise kleinen Hub des piezoelektrischen Aktors ein davon unabhängiger, in der Regel um ein Vielfaches größerer Hub des Düsenkörpers erzielt werden kann (Hubübersetzung). Zudem ergibt sich hierbei der Vorteil, dass die Bewegung des Düsenkörpers zum Öffnen und Schließen  
30 der Einspritzpassage durch den Druck des Kraftstoffs getrieben wird, der zu Zwecken der Einspritzung in die Brennkammer ohnehin unter vergleichsweise großem Druck stehend im Bereich des Einspritzventils bereitsteht. Für die Ansteuerung des

Einspritzventils genügt daher ein piezoelektrischer Aktor mit vergleichsweise geringem Hub und vergleichsweise geringer Aktorkraft.

- 5 Ein piezoelektrischer Aktor weist in der Regel einen Stapel aufeinander liegender Piezoelemente auf, der beim Anlegen einer elektrischen Spannung rasch seine Länge um ein unter anderem von der Spannung abhängiges Ausmaß verändert. Hierfür geeignete piezoelektrische Keramiken sind in großer Vielfalt
- 10 bekannt, beispielsweise als Bleizirkonat-Titanat-Keramiken, und sind vor allem wegen ihrer großen Änderungsgeschwindigkeit und ihrer hohen Piezokräfte für den Einsatz bei Einspritzventilen interessant.
- 15 Da jedoch die Länge des piezoelektrischen Aktors nicht ausschließlich von der angelegten Spannung abhängt, sondern beispielsweise auch fertigungstechnischen Toleranzen sowie einer Abhängigkeit von der Temperatur des Aktors unterliegt, wird bei der Konstruktion eines von einem piezoelektrischen Aktor
- 20 betätigten Servoeinspritzventils ein mehr oder weniger großer Spalt im Wirkungsweg vom Aktor zu einem Steuerventilkörper vorgesehen, der als Toleranzbereich für unerwünschte Abweichungen und/oder Änderungen der Aktorlänge dient.
- 25 Dieser so genannte Toleranzspalt im piezobetätigten Einspritzventil sollte einerseits möglichst klein bemessen sein, um den nutzbaren Hub des Aktors zu maximieren, und andererseits möglichst groß bemessen sein, um in möglichst allen Betriebszuständen zu vermeiden, dass eine durch den Betrieb
- 30 hervorgerufene Änderung der Länge des piezoelektrischen Aktors den Toleranzspalt überschreitet und so, ohne dass der Aktor angesteuert wird, bereits das Steuerventil betätigt. In letzterer Hinsicht besonders bedeutend ist beispielsweise ei-

3

ne thermisch getriebene Ausdehnung der piezoelektrischen Keramik bei erhöhter Aktortemperatur, wie sie insbesondere im Betrieb der Brennkraftmaschine unter Umständen auftreten kann. Dementsprechend kann der Toleranzspalt in der Praxis  
5 schwerlich "optimal" bemessen werden.

Wenn der Toleranzspalt auf Grund einer Temperaturerhöhung des Aktors überschritten werden kann und somit der vom Druckspeicher über eine Druckleitung zum Steuerraum geführte Kraftstoff über das Steuerventil weiter in die praktisch drucklose  
10 (verglichen mit dem Kraftstoffsystendruck im Druckspeicher) Leckageleitung freigesetzt werden kann, so ergibt sich noch eine weitere Problematik. Wenn nämlich die Brennkraftmaschine in "heißem Zustand" gestartet werden soll, z. B. nach einem  
15 vorangegangenen längeren Betrieb mit nachfolgendem Abstellen der Brennkraftmaschine, so kann auf Grund der Freisetzung von Kraftstoff aus dem Steuerraum in die Leckageleitung der Druckaufbau im Druckspeicher erheblich erschwert oder verzögert werden. Der Aufbau eines gewissen Mindestsystendrucks,  
20 der typischerweise einige 100 bar beträgt, ist jedoch notwendig, um überhaupt eine Einspritzung vom Düsenraum in die Brennkammer zu realisieren.

Aus der DE 199 05 340 C2 ist ein Verfahren und eine Anordnung  
25 zur Voreinstellung und dynamischen Nachführung piezoelektrischer Aktoren bekannt, bei welchen zu diesem Zweck dem Piezoaktor eine Gleichspannung zugeführt wird, die gegebenenfalls einer gepulsten Ansteuerspannung überlagert wird. Dieser Gleichspannungsanteil bestimmt dann eine neue Ruhelage des  
30 Aktors und kann somit zur Einstellung des Leerhubs und zur Nachführung des Leerhubs im Betrieb genutzt werden.

Aus der DE 37 42 241 A1 ist ein Piezosteuerventil bekannt, welches aus einem in einem Gehäuse angeordneten Piezostellglied und einem Ventil besteht. Durch ein hydraulisches Spielausgleichselement innerhalb des Steuerventils werden  
5 mögliche Längenänderungen des Bezugssystems automatisch ausgeglichen, so dass bei gleichem Arbeitshub des Piezostellgliedes auch stets ein gleicher Hub am Ventil gewährleistet ist. Nachteilig ist bei diesen beiden Ansätzen zur Lösung der eingangs erläuterten Problematik der damit verbundene Aufwand  
10 im Bereich der elektronischen Einrichtungen zur Ansteuerung der Injektoranordnung bzw. im Bereich der Injektoranordnung selbst.

Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Einspritzanlage sowie ein Einspritzverfahren für  
15 eine Brennkraftmaschine anzugeben, bei welchen die für den Betrieb der Einspritzanlage bzw. der Brennkraftmaschine abträglichen Auswirkungen einer den Toleranzspalt im Servoeinspritzventil überschreitenden Längenänderung des piezoelektrischen Aktors vermindert oder beseitigt werden können.  
20

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Einspritzanlage nach Anspruch 1 bzw. ein Verfahren zum Betreiben einer Einspritzanlage nach Anspruch 7. Die abhängigen Ansprüche betreffen vor-  
25 teilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Für die Erfindung wesentlich ist, dass bei der Einspritzanlage die Leckageleitung mit einem steuerbaren Ventil versehen ist, welches in einem angesteuerten Zustand den Kraftstoff-  
30 fluss in der Leckageleitung hemmt bzw. dass bei dem Einspritzverfahren eine wahlweise Hemmung des Kraftstoffflusses in der Leckageleitung vorgesehen wird. Bei einem Überschreiten des Toleranzspalts durch eine von der eigentlichen Piezo-

5

ansteuerung unabhängige Längenänderung des Aktors, im Folgenden auch kurz als "Aktorüberstand" bezeichnet, können durch die Kraftstoffflusshemmung die negativen Auswirkungen dieser Situation in relativ einfacher Weise gemildert oder sogar be-

5 seitigt werden. Wenn ein Aktorüberstand vorliegt und der Kraftstofffluss in der Leckageleitung gehemmt wird, so führt dies zu einem Druckanstieg in der Leckageleitung zwischen dem Ort der Hemmung und dem Leckageausgang des Servoeinspritzventils. Damit lässt sich einerseits vermeiden, dass durch den

10 Aktorüberstand der Düsenkörper sich ungewollt (ohne aktive Ansteuerung des Aktuators) in Richtung einer Öffnung der Einspritzpassage verlagert, was insbesondere im Betrieb der Brennkraftmaschine von Bedeutung ist. Andererseits kann damit das auf Grund des verzögerten Systemdruckaufbaus vorliegende  
15 Problem des Heißstarts der Brennkraftmaschine (bei temperaturbedingtem Aktorüberstand) beseitigt werden, da die Druckerhöhung in der Leckageleitung den Druckaufbau im Druckspeicher erheblich beschleunigt.

20 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist es, dass diese auch im Rahmen einer Nachrüstung einfach realisiert werden kann, da hierfür im Wesentlichen lediglich eine Modifikation der Leckageleitungsanordnung, z. B. durch Einbau eines weiteren, steuerbaren Ventils, sowie eine vergleichs-  
25 weise einfache Modifikation oder Ergänzung der Motorsteuerelektronik erforderlich ist, bei welcher in der Praxis oftmals ohnehin vorhandene Sensorikeinrichtungen zur Erfassung von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine und/oder der Einspritzanlage vorteilhaft mitgenutzt werden können.

30

Vorteilhaft kann mit der Erfindung eine stetige Fahrbereitschaft eines mittels einer Brennkraftmaschine betriebenen Fahrzeugs auch bei möglicherweise auftretendem Aktorüberstand

6

in Einspritzventilen sichergestellt werden, wobei diese hydraulische Lösung nicht nur in der Startphase der Brennkraftmaschine sondern auch während des Betriebs eingesetzt werden kann, um etwa eine betriebsbedingte Längenänderung des Aktors  
5 "abzufangen".

Selbstverständlich können die erfindungsgemäßen Maßnahmen mit den bislang bereits realisierten Maßnahmen kombiniert eingesetzt werden, wie z. B. mit der oben erwähnten aktiven elektrischen Einstellung oder Nachführung des Aktor-Leerhubs ("active piezo contraction") oder einem Abkühlen der Brennkraftmaschine.  
10

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Injektoranordnung eine Mehrzahl von Servoeinspritzventilen umfasst, welche über die Druckleitungsanordnung mit dem für diese Mehrzahl von Servoeinspritzventilen gemeinsam genutzten Druckspeicher verbunden sind. Derartige Einspritzanlagen an sich sind als so genannte Speichereinspritzsysteme bekannt, bei denen in der Regel mit sehr hohen Einspritzdrücken (z. B. im Bereich einiger 100 bar bis etwa 1.600 bar) gearbeitet wird. Solche Systeme sind als Common-Rail-Systeme (für Dieselmotoren) und HPDI-Einspritzsysteme (für Ottomotoren) bekannt.  
15  
20  
25

Wenn die Injektoranordnung eine Mehrzahl von Servoeinspritzventilen umfasst, wie dies zumeist der Fall sein wird, so könnte jede der Mehrzahl von Leckageleitungen mit einem eigenen steuerbaren Ventil zur Kraftstoffflusshemmung versehen werden. Da eine Kraftstoffflusshemmung in der Leckageleitung jedoch den ordnungsgemäßen Betrieb eines daran angeschlossenen Servoeinspritzventils, bei welchem kein Aktorüberstand vorliegt, in der Praxis kaum beeinträchtigt, lässt sich eine  
30



7

Vereinfachung dadurch erreichen, dass die Leckageleitungen dieser Mehrzahl von Servoeinspritzventilen zusammengeführt werden und die Kraftstoffflusshemmung im zusammengeführten Leckageleitungsteil vorgesehen wird, also z. B. das steuerbare Ventil lediglich in diesem zusammengeführten Leckageleitungsteil angeordnet wird.

Eine einfache Betätigung des Steuerventils ergibt sich, wenn der piezoelektrische Aktor über einen Stößel auf einen Ventilkörper des Steuerventils wirkt, wobei der Toleranzspalt zwischen Aktor und Stößel oder zwischen Stößel und Ventilkörper vorgesehen sein kann.

Die Wirkung der Kraftstoffflusshemmung in der Leckageleitung kann besonders groß vorgesehen werden, indem der Kraftstofffluss im angesteuerten Zustand des steuerbaren Ventils blockiert, d. h. vollständig gehemmt wird.

In einer Ausführungsform umfasst die Einspritzanlage ferner eine elektronische Einspritzsteuereinheit zum Betreiben der Injektoranordnung und zum Ansteuern des steuerbaren Ventils. In diesem Fall sind die Funktionen der eigentlichen Einspritzsteuerung sowie der Ansteuerung des steuerbaren Ventils zur Kraftstoffflusshemmung vorteilhaft zusammengefasst. In diesem Fall können insbesondere zur Ansteuerung des steuerbaren Ventils benötigte Betriebsparameter unmittelbar aus der Einspritzsteuerung herangezogen oder abgeleitet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das steuerbare Ventil abhängig von vorbestimmten, insbesondere gemessenen Betriebsparametern der Brennkraftmaschine und/oder der Einspritzanlage angesteuert. Solche Betriebsparameter können insbesondere den Kraftstoffdruck im Druckspeicher, den Kraft-

stoffdruck in der Leckageleitung, die Temperatur in einem Bereich der Brennkraftmaschine oder der Injektoranordnung, die Drehzahl der Brennkraftmaschine sowie deren Last oder deren Ansteuerung ("Gaspedalstellung") etc. umfassen. Besonders vorteilhaft können auch Betriebsparameter herangezogen werden, welche repräsentativ für den Zustand einzelner oder aller piezoelektrischer Aktoren (z. B. für deren Temperatur und/oder Ruhelänge) sind. Letztere Parameter können beispielsweise aus einer elektronischen Einrichtung zur Ansteuerung der Piezoaktoren (Motorsteuergerät) indirekt gewonnen werden, z. B. durch Erfassung der elektrischen Kapazität der Aktoren. Schließlich können geeignete Parameter auch abgeleitet werden aus der oftmals ohnehin (z. B. zur Einspritzmengenregelung) erfassten Charakteristik der Bewegung des Düsenkörpers in Reaktion auf eine Piezoansteuerung im Betrieb der Einspritzanlage. Zur Erfassung dieser Charakteristik sind bekannte Servoeinspritzventile der hier interessierenden Art oftmals mit einer auf die Stellung des Düsenkörpers empfindlichen Sensorik ausgestattet.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Mehrzahl von Betriebsparametern, wie etwa die oben erwähnten, in einer elektronischen Auswerteeinrichtung zusammengeführt und werden aus einem vorab gespeicherten Kennfeld Ansteuersignale für das oder die ansteuerbaren Ventile zur Kraftstoffflusshemmung in der Leckageleitung generiert und zur elektronischen Ansteuerung diesen Ventilen zugeführt.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das steuerbare Ventil zur Kraftstoffflusshemmung bei Vorliegen eines bestimmten Betriebsparameterzustands für die Kraftstoffflusshemmung angesteuert wird und nach einer fest vorgegebenen (oder alternativ nach einer von dem zeitlichen Ver-

lauf bestimmter Betriebsparameter abhängigen) Zeitspanne wieder in den Ruhezustand gebracht wird. Dieser Ruhezustand kann dann zwangsweise, z. B. für eine fest vorgegebene weitere Zeitspanne (Totzeit) aufrechterhalten werden. Mit derartigen  
5 Maßnahmen lässt sich die Kraftstoffflusshemmung zeitlich betrachtet stark begrenzen, so dass insbesondere ein nachträglich gemäß der Erfindung umgerüstetes System in seiner normalen Funktion nicht nennenswert beeinträchtigt wird.

- 10 In einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kraftstoffflusshemmung derart ausgelegt ist, dass ein vorgegebener Maximaldruck in der Leckageleitung nicht überschritten werden kann. Dies könnte beispielsweise durch Messung des Leckageleitungsdrucks und einer darauf basierenden,  
15 zwangsweisen Abschaltung der Kraftstoffflusshemmung im Falle des Erreichens des Maximaldrucks realisiert werden. Alternativ oder zusätzlich besteht jedoch die einfache Möglichkeit, das betreffende Kraftstoffflusshemmungsmittel (Ventil) mit einer parallel angeordneten Umgehungs- oder "Bypass"-  
20 Leitung zu versehen, die beim Erreichen des Maximaldrucks selbsttätig öffnet und so einen unerwünschten Überdruck in der Leckageleitung zuverlässig verhindert. Die Vermeidung eines Überdrucks in der Leckageleitung dient hierbei insbesondere dem Schutz der betreffenden Einspritzservoventile, deren  
25 Leckagepfad zur Vermeidung von Beschädigungen keinen allzu großen Druck aufweisen darf (typisch z. B. 3,5 bar).

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.  
30 tert. Es stellen dar:

10

Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Toleranzspalts in einem piezobetätigten Servoeinspritzventil, und

5 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Einspritzanlage, bei welcher eine Mehrzahl von Servoeinspritzventilen der in Fig. 1 dargestellten Art eingesetzt wird.

10 In Fig. 1 ist ein Teil eines Hochdruck-Einspritzservoventils für eine Brennkraftmaschine in dessen geschlossenen Zustand schematisch dargestellt.

Dieses Hochdruckventil weist einen mit einer nicht dargestellten Leckageleitung in Verbindung stehenden Niederdruckbereich L und einen über eine nicht dargestellte Druckleitung mit einem Druckspeicher in Verbindung stehenden Hochdruckbereich H auf. Diese beiden mit unterschiedlichem Druck beaufschlagten Bereiche L, H sind durch ein Steuerventil voneinander getrennt, welches von einem Steuerventilsitz S und einem durch den hohen Druck im Hochdruckbereich H gegen den Steuerventilsitz S getriebenen Steuerventilkörper K gebildet wird.

Der Hochdruckbereich H bildet einen nicht dargestellten Steuerraum oder ist mit einem solchen Steuerraum verbunden, in welchem der dort herrschende Druck auf das hintere (obere) Ende eines axial beweglich gelagerten und geführten Düsenkörpers (Düsennadel) wirkt, um ein vorderes (unteres) Ende dieses Düsenkörpers gegen einen Einspritzdüsenventilsitz (nicht dargestellt) zu drängen und so zu einem Brennraum der Brennkraftmaschine führende Einspritzpassagen zu verschließen. Wenngleich das vordere Ende des Düsenkörpers in einem Düsenraum angeordnet ist, der ebenfalls unter hohem Druck steht,

11

so wird der Düsenkörper im dargestellten Ruhezustand dennoch nach unten zum Verschließen der Einspritzpassagen gedrängt, da die den Düsenkörper nach unten drängende Kraft auf Grund einer relativ groß bemessenen Querschnittsfläche des Düsenkörpers an dessen oberen Ende größer ist als die am unteren Ende des Düsenkörpers wirkende Kraft. Zur Initiierung eines Einspritzvorganges wird der Druck im Steuerraum bzw. in dem Hochdruckbereich H in der nachfolgend beschriebenen Weise verringert, um eine Bewegung des Düsenkörpers in Richtung einer Öffnung der Einspritzpassage hervorzurufen.

Die Druckverringerung im Hochdruckbereich H erfolgt durch angesteuertes Öffnen des durch den Ventilsitz S und den Ventilkörper K gebildeten Steuerventils mittels eines piezoelektrischen Aktors P, der im Niederdruckbereich L von einem Gehäuse G umgeben ist und zu dessen Ansteuerung mit elektrischen Anschlüssen A versehen ist. Durch Anlegen einer Spannung an den Anschlüssen A des Aktors P lässt sich die Aktorlänge in Richtung des Pfeils VR (Vorzugspolarisierung der piezoelektrischen Keramik) verlängern, um über einen Stößel T auf den Ventilkörper K einzuwirken. Zwischen dem Aktor P und dem Stößel T ist hierbei ein Toleranzspalt d vorgesehen, der als Sicherheitsabstand für thermische Längenänderungen der Piezokeramik dient und typischerweise z. B. ein Maß zwischen 3 und 5  $\mu\text{m}$  aufweist. Treten nun am piezoelektrischen Aktor P, z. B. auf Grund von widrigen Umgebungseinflüssen, Längenänderungen auf, die über das Maß dieses Spaltes d hinausgehen, so drückt der Aktor P bereits im Ruhezustand über den Stößel T auf den Ventilkörper K was, letztendlich zu einer Leckage von Kraftstoff aus dem Hochdruckbereich H in den Niederdruckbereich L und die daran angeschlossene Leckageleitung führt. Im Betrieb der Brennkraftmaschine bedeutet dieser "Aktorüberstand" eine Öffnungstendenz für das Servoeinspritzventil, selbst wenn

12

dieses nicht aktiv elektrisch über die Anschlüsse A angesteuert wird. Für den Fall eines Heißstarts der Brennkraftmaschine bedeutet dies, dass der Druckaufbau im Druckspeicher nicht oder nicht rasch in einem Ausmaß aufgebaut werden kann, das  
5 für den Beginn der Kraftstoffeinspritzung erforderlich ist.

Diese Probleme werden jedoch vermieden durch den nachfolgend mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Aufbau einer Einspritzanlage, bei welcher insbesondere auf eine Erfassung eines solchen  
10 Aktorüberstands hin der hydraulische Druck in dem Niederdruckbereich L zeitweise erhöht wird.

Fig. 2 zeigt eine Einspritzanlage 10 für eine Brennkraftmaschine (nicht dargestellt), umfassend einen Druckspeicher 12 zum Speichern von mittels einer Hochdruckpumpe 14 aus einem Kraftstofftank 16 in den Druckspeicher 12 geförderten Kraftstoff und eine über eine Druckleitungsanordnung 18 mit dem Druckspeicher 12 verbundene Injektoranordnung 20 zum Einspritzen des Kraftstoffs in die Brennkraftmaschine. Bei dem  
15 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Injektoranordnung 20 aus vier Servoeinspritzventilen, die über vier separate Druckleitungen 18 aus dem hierfür gemeinsam vorgesehenen Druckspeicher 12 mit Kraftstoff versorgt werden.

Jedes der Servoeinspritzventile ist hierbei von der mit Bezug auf Fig. 1 erläuterten Bauart und weist einen Stellraum sowie einen Düsenraum auf, die beide über die jeweilige Druckleitung mit Kraftstoff aus dem Druckspeicher 12 versorgt werden, wobei dieser Kraftstoff unter dem von der Hochdruckpumpe  
20 bereitgestellten, hohen Systemdruck steht. Servoeinspritzventile dieser Art sind dem Fachmann hinlänglich bekannt, so dass hier auf eine weitergehende Erläuterung verzichtet werden kann.

Wie bereits mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, wird ein Einspritzvorgang jeweils initiiert durch Druckverringerung im Steuerraum des jeweiligen Servoeinspritzventils, welches zu diesem Zweck mit einem piezoelektrisch betätigten Steuerventil zum Freisetzen von Kraftstoff aus dem Steuerraum in eine Leckageleitung 22 versehen ist.

In Fig. 2 erkennt man ferner zwei Kraftstofffilter 24 und 26 zur Grob- und Feinfilterung des Kraftstoffs, der über eine Vorförderpumpe 28 zu einem Eingang der Hochdruckpumpe 14 gefördert wird, eine Hochdruckleitung 30 zur Förderung des unter Systemdruck gesetzten Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe 14 in den Druckspeicher 12, einen Hochdrucksensor 32 zur Messung des Drucks im Druckspeicher 12, eine von der Hochdruckpumpe 14 ausgehende Kraftstoffrückleitung 34 zur Abfuhr von überschüssigem Kraftstoff von der Pumpe 14 zur Leckageleitung 22 und somit weiter zurück in den Kraftstofftank 16, sowie ein elektronisches Motorsteuergerät ECU mit einer Reihe von Eingangsanschlüssen 36 und einer Reihe von Ausgangsanschlüssen 38, mittels welcher in an sich bekannter Weise Betriebsparameter der Brennkraftmaschine und der Einspritzanlage über die Eingangsanschlüsse 36 erfasst und ausgewertet werden und Signale an den Ausgangsanschlüssen 38 erzeugt werden, mit welchen die elektrischen und elektronischen Komponenten des Systems gesteuert werden, z. B. die dargestellten Komponenten 28, 14, 20.

Darüber hinaus steuert das Motorsteuergerät ECU ein im zusammengefassten Verlauf der Leckageleitung 22 angeordnetes Leckagesteuerventil 40, mit welchem abhängig von den erfassten Betriebsparametern und mittels eines geeignet ausgelegten Kennfelds der Kraftstoffrückfluss von den einzelnen Injekto-

14

ren der Injektoranordnung 20 über die Leckageleitung 22 in den Kraftstofftank 16 blockiert werden kann. Das Motorsteuergerät ECU detektiert mit an sich bekannten Methoden durch Auswertung der gemessenen Betriebsparameter einen etwaig auftretenden Aktorüberstand in einem der Injektoren und veranlasst in diesem Fall ein kurzzeitiges Ansteuern des Leckagesteuerventils 40 für eine kurzzeitige Blockierung des Kraftstoffrückflusses, z. B. für eine fest vorgegebene Zeitspanne von einigen Sekunden. Damit ist es möglich, sowohl den bei einem Aktorüberstand tendenziell verzögerten Druckaufbau im Druckspeicher 12 bei einem Heißstart der Brennkraftmaschine zu beschleunigen als auch die Brennkraftmaschine bei einem während des Betriebs auftretenden Aktorüberstand abzufangen und den ordnungsgemäßen Betrieb so aufrechtzuerhalten.

15



## Patentansprüche

1. Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, umfassend

5       - einen Druckspeicher (12) zum Speichern von mittels einer Hochdruckpumpe (14) aus einem Kraftstofftank (16) in den Druckspeicher geförderten Kraftstoff, und

10       - eine über eine Druckleitungsanordnung (18) mit dem Druckspeicher (12) verbundene Injektoranordnung (20) zum Einspritzen des Kraftstoffs in die Brennkraftmaschine,

15       wobei die Injektoranordnung (20) wenigstens ein Servoeinspritzventil umfasst, in welchem über eine Druckleitung sowohl ein Düsenraum als auch ein Steuerraum mit Kraftstoff aus dem Druckspeicher (12) versorgt wird und in welchem ein Düsenkörper zum Öffnen und Schließen einer vom Düsenraum zu einer Brennkammer führenden Einspritzpassage bewegbar geführt ist und der Düsenkörper an seinem der Einspritzpassage zugewandten Ende dem Druck des Kraftstoffs in der Düsenkammer und an seinem entgegengesetzten Ende dem Druck des Kraftstoffs in der Steuerkammer ausgesetzt ist,

20

25       wobei das Servoeinspritzventil mit einem Steuerventil zum Freisetzen von Kraftstoff aus dem Steuerraum in eine zum Kraftstofftank (16) führende Leckageleitung (22) versehen ist, welches mittels eines piezoelektrischen Aktors betätigbar ist, um zur Initiierung eines Einspritzvorganges

30       durch Druckverringerung im Steuerraum eine Bewegung des Düsenkörpers in Richtung einer Öffnung der Einspritzpassage hervorzurufen,

16

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leckageleitung (22) mit einem steuerbaren Ventil (40) versehen ist, welches in einem angesteuerten Zustand den Kraftstofffluss in der Leckageleitung (22) blockiert, wobei das Ventil (40) abhängig von vorbestimmten Betriebsparametern der Brennkraftmaschine und/oder der Einspritzanlage angesteuert wird und erst nach Ablauf einer vorgebbaren Zeitspanne wieder in einen Ruhezustand gebracht wird.

10

2. Einspritzanlage nach Anspruch 1, wobei die Injektoranordnung (20) eine Mehrzahl von Servoeinspritzventilen umfasst, welche über die Druckleitungsanordnung (18) mit dem für diese Mehrzahl von Servoeinspritzventilen gemeinsam genutzten Druckspeicher (12) verbunden sind.
3. Einspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Injektoranordnung (20) eine Mehrzahl von Servoeinspritzventilen umfasst, deren Leckageleitungen (22) zusammengeführt sind, wobei der zusammengeführte Leckageleitungsteil mit dem steuerbaren Ventil (40) versehen ist.
4. Einspritzanlage nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die vorbestimmten Betriebsparameter das Vorliegen oder Nichtvorliegen eines Aktorüberstands am Servoeinspritzventil umfassen.
5. Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Ruhezustand des Ventils (40) nach einer Ansteuerung zwangsweise für eine fest vorgegebene weitere Zeitspanne aufrechterhalten wird.
6. Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner

17

umfassend eine elektronische Einspritzsteuereinheit (ECU) zum Betreiben der Injektoranordnung (20) und zum Ansteuern des steuerbaren Ventils (40).

- 5 7. Verfahren zum Betreiben einer Einspritzanlage (10) für eine Brennkraftmaschine, wobei die Einspritzanlage umfasst:

10 - einen Druckspeicher (12) zum Speichern von mittels einer Hochdruckpumpe aus einem Kraftstofftank in den Druckspeicher gefördertem Kraftstoff, und

15 - eine über eine Druckleitungsanordnung (18) mit dem Druckspeicher (12) verbundene Injektoranordnung (20) zum Einspritzen des Kraftstoffs in die Brennkraftmaschine,

20 wobei die Injektoranordnung wenigstens ein Servoeinspritzventil umfasst, in welchem über eine Druckleitung sowohl ein Düsenraum als auch ein Steuerraum mit Kraftstoff aus dem Druckspeicher versorgt wird und in welchem ein Düsenkörper zum Öffnen und Schließen einer vom Düsenraum zu einer Brennkammer führenden Einspritzpassage bewegbar geführt ist und der Düsenkörper an seinem der Einspritzpassage zugewandten Ende dem Druck des Kraftstoffs in der Düsenkammer und an seinem entgegengesetzten Ende dem Druck des Kraftstoffs in der Steuerkammer ausgesetzt wird,

30 wobei das Servoeinspritzventil mit einem Steuerventil zum Freisetzen von Kraftstoff aus dem Steuerraum in eine zum Kraftstofftank führende Leckageleitung versehen ist,

wobei das Verfahren den Schritt des Betätigens des Steu-

18

erventils mittels eines piezoelektrischen Aktors umfasst,  
um zur Initiierung eines Einspritzvorganges durch Druck-  
verringern im Steuerraum eine Bewegung des Düsenkörpers  
in Richtung einer Öffnung der Einspritzpassage hervorzu-  
rufen,

5

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h eine abhängig von  
vorbestimmten Betriebsparametern der Brennkraftmaschine  
und/oder der Einspritzanlage vorgesehene Blockierung des  
Kraftstoffflusses in der Leckageleitung (22), die erst  
nach Ablauf einer vorgebbaren Zeitspanne wieder aufgeho-  
ben wird.

10

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die vorbestimmten Be-  
triebsparameter das Vorliegen oder Nichtvorliegen eines  
Aktorüberstands am Servoeinspritzventil umfassen.

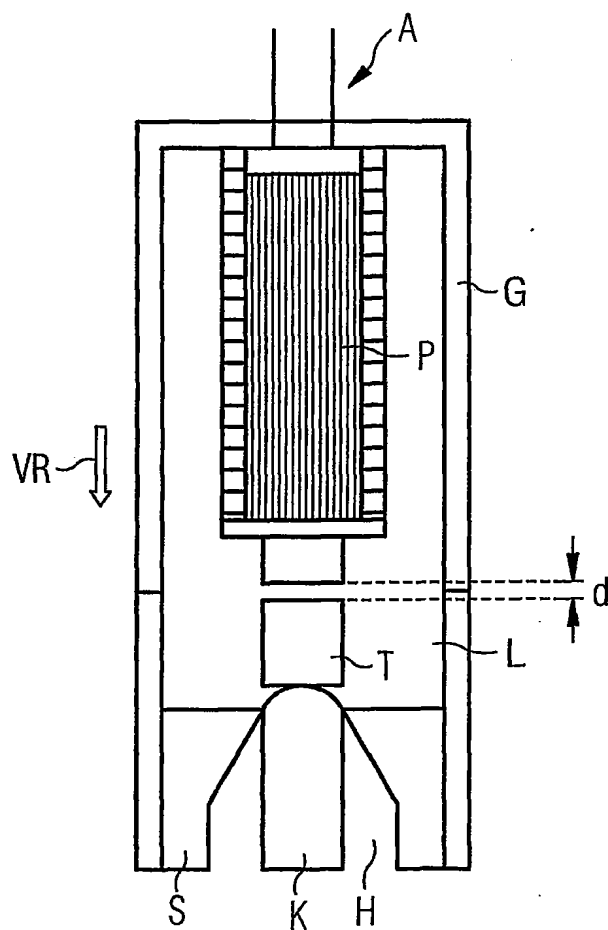
15

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Aufhebung der  
Blockierung zwangsweise für eine fest vorgegebene weitere  
Zeitspanne aufrechterhalten wird.

20

1/2

FIG 1 Stand der Technik



2/2

FIG 2

